
**«ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ:
СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ –PEMS'15»
«ENERGY MANAGEMENT:
THE STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT – PEMS'15»**

УДК 621.3:614.8

С. А. БОНДАРЕНКО канд. техн. наук, доц., докторант каф. ЕСС

В. М. КУТІН д-р техн. наук, професор каф. ЕСС
Вінницький національний технічний університет

**ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКУ ЕЛЕКТРОТРАВМАТИЗМУ МЕТОДОМ
ПРОБІТ-АНАЛІЗУ ДЛЯ МЕНЕДЖМЕНТУ З ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ**

Запропоновано метод обліку особливостей пари «чинник–наслідки», відповідно до якого побудована функція ризику електротравматизму, яка дозволяє кількісно оцінити ризик ураження людини електричною енергією в електроустановках та дає можливість впровадити міжнародні стандарти з менеджменту професійного здоров'я і безпеки для мінімізації ризику електротравматизму на підприємствах паливо-енергетичного комплексу України.

Ключові слова: ризик, електротравматизм, електроустановка, електрична енергія, електробезпека.

Вступ. Рівень електротравматизму в Україні багаторазово перевищує рівень в технологічно розвинених країнах [1]. Вирішення зазначеної проблеми повністю відповідає вимогам світової спільноти, оскільки сьогодні в більшості високорозвинених країнах світу існує загальноприйняте і всім зрозуміле правило – вкладення коштів в заходи для збереження життя і здоров'я людини економічно вигідне – це чудовий вид інвестування.

Для створення ефективної системи електробезпеки на підприємствах паливо-енергетичного комплексу України проводиться робота по впровадженню міжнародних стандартів OHSAS 18001:2007 «Системи менеджменту професійного здоров'я і безпеки – Вимоги», ISO 50001:2011 «Система енергетичного менеджменту – вимоги та керівництво щодо застосування». Указані стандарти передбачають оцінювання професійного ризику здоров'ю. На даний час поняття професійного ризику для електротехнічного персоналу, що обслуговує електротехнічні установки має різне тлумачення і сенс, а показники, що використовуються, не піддаються зіставленню і порівняльній кількісній оцінці [2].

Мета дослідження. Знизити ризик електротравматизму та професійного захворювання в електроустановках надвисоких класів напруги шляхом удосконалення методу пробіт-аналізу.

Результати дослідження. Запропоновано комбінований критерій в якості оцінювання ефективності захисту системи «електроустановка–людина–навколишнє середовище», в якому використовуються як детерміновані, так і ймовірнісні критерії.

Детерміновані критерії показують значення параметра небезпечного фактора електротравматизму, при якому визначається певний рівень ураження людей.

Відповідно до [3-5], одним з основних факторів, що впливає на людину, яка взаємодіє з електроустановками промислової частоти, є величина поглинутої тілом електричної енергії, гранично допустиме значення якої не повинно перевищувати 0,36 Дж для людини середньостатистичних параметрів.

Відомо, що в загальному випадку одне і те ж значення небезпечного фактора (кількість поглиненої енергії) може викликати наслідки різної тяжкості у різних людей, тобто ефект ураження носить ймовірнісний характер.

Тому при визначенні характеристик вірогідності (випадковості) реалізації дії електричної енергії на людину в умовах недостатніх статистик, пропонується використовувати метод пробіт-функції. Ідея пробіт-аналізу належить американському ентомологу Ч. Бліссу, він вперше описав його в статті про вплив пестицидів на відсоток знищених шкідників [6]. Ч. Блісс запропонував для обліку відсотка знищених шкідників використовувати ймовірнісний блок – «Probability unit» або «probit» («пробітий»). Спочатку необхідність введення поняття «probit» була обумовлена прагненням уникнути роботи із статистичною інформацією. У той час біологи, для яких і призначався цей метод, були мало ознайомлені із статистичною обробкою результатів експерименту. В наш час ця причина втратила своє значення, проте, назви «пробіт»

і «пробіт-аналіз» стали звичними термінами, метод «пробіт-аналізу» отримав свій розвиток і широко застосовується в токсикології, фармакології, радіобіології, екології, пожежній безпеці і інших областях досліджень [7, 8].

Відомо, що пробіт-функція є математичною залежністю, яка пов'язує специфічні особливості негативної дії загрози на деякий об'єкт з розміром можливої шкоди. На практиці для більшості випадків загроз безпеці використовується вираз для пробіт-функції, який має вигляд [7]:

$$Pr = a + b \cdot \ln D, \quad (1)$$

a , b – коефіцієнти, які характеризують ступінь ураження об'єкта захисту від конкретної загрози; D – «оцінка негативної дії».

У випадку електротравмування, як параметр D приймається величина комплексного критерію небезпеки ураження електричною енергією, який показує в скільки разів електрична енергія, що поглинається тілом людини, перевищує допустиме значення (величина D повинна бути не нижче 0,1), тобто:

$$D = W_h / W_{h.don.} \quad (2)$$

З урахуванням цього вираз (1) прийме вигляд:

$$Pr = a + b \cdot \ln(W_h / W_{h.don.}). \quad (3)$$

Якщо значення a , b та D відомі, тоді, за виразом (3), можна розрахувати значення пробіт-функції $f(Pr)$. Після того, як буде визначено значення пробіт-функції, обчислюється значення вірогідності реалізації загрози безпеці людині Q_i . Для розв'язання цієї задачі використовується функція помилок Гаусса, яку ще називають «ерік-функція», яка визначається, відповідно до [7], за формулою:

$$Q_i = f(Pr) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\infty}^{Pr} e^{-t^2/2} dt, \quad (4)$$

де пробіт-функція $f(Pr)$ є верхньою межею інтегралу, а сам вираз (4) вже не містить емпіричних коефіцієнтів.

На практиці для обчислення інтегралу (4) застосовують таблицю значень пробіт-функції [8].

Пояснимо використання таблиці на прикладі. Нехай необхідно знайти вірогідність реалізації загрози безпеці людині за відомим значенням пробіт-функції, $Pr = 5,15$. Даному значенню відповідає перетин рядка «50 %» і стовпця «6 %» таблиці, при якому вірогідність реалізації загрози безпеці людини в електроустановках дорівнює 56 %.

Якщо пробіт-функція приймає середні значення, наприклад, $Pr = 5,165$, вірогідність реалізації загрози безпеці людині може бути визначена за виразом:

$$Q(5,165) = \frac{Q(5,15) + Q(5,18)}{2} = \frac{56\% + 57\%}{2} = 56,5\%.$$

Таблиця 1 – Значення ймовірності травмування людини від дії електричної енергії в залежності від величини пробіт-функції

Умовна ймовірність травмування Q_i , %	Величина пробіт-функції Pr									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	–	2,67	2,95	3,12	3,25	3,36	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,87	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33
–	0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
99	7,33	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,65	7,75	7,88	8,09

Обчислення значення ймовірності реалізації загрози безпеці людини, яка взаємодіє з електроустановками, можливо як для смертельного випадку, так і для різних рівнів втрати працездатності: незначного, легкого, середнього та важкого. В цих випадках у виразах пробіт-функцій будуть різні коефіцієнти a і b .

Згідно із гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 [9], небезпечні (екстремальні) умови праці від дії електричного поля промислової частоти починаються при перевищенні допустимих норм в 40 разів, тому за величину D приймається значення 41. При заданій величині D , відповідно до таблиці для визначення значень пробіт-функції, коефіцієнт a приймається рівним 2,5, а значення $b = 0,7$. Таким чином, вираз для ризику електротравматизму, визначеного по методу пробіт-функції, прийме вигляд:

$$R = 2,5 + 0,7 \cdot \ln(W_h / W_{h, \text{don}}). \quad (5)$$

Менеджмент електробезпеки на підприємствах паливо-енергетичного комплексу України повинен містити перелік послідовно логічно зв'язаних функцій управління: ідентифікація та оцінка ризику, планування та виконання планових заходів з електробезпеки, оцінка та аналіз ризику після вжитих заходів та засобів, ухвалення рішення і вдосконалення системи управління електробезпекою. Даний цикл повинен здійснюватися на всіх ієрархічних рівнях системи управління підприємств енергетичної галузі [2]. В залежності від ступеня ризику визначеного за виразом (5) повинні передбачатися черговість та час проведення заходів та дії щодо зниженню ризику електротравматизму.

Висновки.

Застосування комбінованого критерію електротравматизму дає можливість підвищити рівень електробезпеки від ураження людини електричною енергією та впровадити міжнародні стандарти з менеджменту професійного здоров'я і безпеки на підприємствах паливо-енергетичного комплексу України.

Перелік літератури.

1. Фандеев Олександр. Охорона праці ... Під напругою / Олександр Фандеев // Охорона праці. – 2012. – № 10. – С. 10–11.
2. Бондаренко Є. А. Менеджмент системи електробезпеки щодо мінімізації ризику дії електромагнітного поля на людину в електроустановках надвисокої напруги / Бондаренко Є. А. // КІП. "ЕНЕРГЕТИКА: економіка, технології, екологія". – 2014. – № 2. – С. 14-21.
3. Бондаренко Є. А. Гранично допустимі значення напруг дотику та струмів промислової частоти / Бондаренко Є. А. // Вісник Вінницького політехнічного інституту – 2011. – № 2. – С. 31-34.
4. Бондаренко Є. А. Методика нормування допустимого часу перебування людини в електричному полі промислової частоти / Є. А. Бондаренко // Стандартизація, сертифікації, якість. – Харків : ДП «Укр. НД НЦ». – 2012. – № 5 – С. 26–28.
5. Бондаренко Є. А. Застосування методики визначення допустимих рівнів напруг дотику та струмів для забезпечення електробезпеки / Є. А. Бондаренко // Електротехніка та електроенергетика (Запорізький національний технічний університет). – 2013. – № 1. – С. 27–31.
6. Bliss C. I. The Method of Probits / C. I. Bliss // Science. – 1934. – Vol. 79. – № 2053. – P. 409–410.
7. Основные направления оценки рисков рабочей среды: [пер. с лат.] / сост.: Валдис Калькис, Имант Кристиньш, Ж. Роя. – Рига: SIA «Jelgavas tipografija», 2005. – 72 с.
8. Белов П. Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере : учеб. пособ. / Петр Григорьевич Белов. – М. : Издательский центр «Академия». 2003. – 512 с.
9. Охорона праці в Україні : Нормативна база. (4-те вид. і допов.) / упорядник О. М. Роїна. – К. : КНТ, 2008. – 544 с.

E. BONDARENKO, V. KUTIN

State Institution of Higher Education «Vinnitsa National Technical University»

ESTIMATION OF RISK OF THE ELECTRO TRAUMATISM BY THE METHOD IT IS PROBABILITY - ANALYSIS FOR MANAGEMENT FROM THE ELECTRO SECURITY

In article the method of the account of features of pair "factor-consequence" according to which function of risk of an electro traumatism is constructed is offered. This function allows estimating quantitatively risk of defeat of the person electric energy in electro installations and gives the chance to introduce the international standards of management of professional health and safety for minimization of risk of an electro traumatism at the enterprises fuel-power of a complex of Ukraine.

Keywords: risk, electro traumatism, electro installation, electric energy, electro security.

References

1. Fandeev, A. "Labour safety... Under a voltage", Ohorona pratsi, 2012; vol. 10, pp. 10-11.

2. Bondarenko, E. A. "Management of electro security systems for minimization of risk from influence of the electromagnetic field on the person in electro installations of ultrahigh voltage", Kiev, ENERGETYKA: ekonomika, technologiya, ekologiya, 2014; vol. 2 (36), pp. 14-21.
3. Bondarenko, E. A. "Permissible values of pick-up voltage and currents of industrial Frequency", Visnyk Vinnitskoho politechnichnoho institutu, 2011; vol. 2, pp. 31-34.
4. Bondarenko, E. A. "Methodology of quota setting of person staying in electric field of industrial frequency". Standartizatsia, sertifikatsia, iakist, Kharkiv, 2012; vol. 5, pp. 26-28.
5. Bondarenko, E.A. "Application of technique of maximum permissible levels of contact voltage and currents for electric safety". "Electrotechnic and electroenergetic", (ZapNTU), 2013; vol. 1, pp. 27-31.
6. Bliss C. I. The Method of Probits / C. I. Bliss // Science. – 1934. – Vol. 79. – № 2053. pp. 409-410.
7. Valdis Kalikis, Imant Kristinsh and Roya, Zh Main trends of the estimation risk worker of the ambience. Riga: SIA «Jelgavas tipografija», 2005. – p. 72.
8. Belov, P. G. Белов П. Г. Sistemniy analiz i modelirovanie opasnykh protsesov v tekhnosfere [The system analysis and modelling of dangerous processes in a technosphere], Akademiya, Moscow, Russia. 2003. – p.512.
9. Roina O. M. Ohorona pratsi of Ukraine Kyiv, Ukraine. 2008. – p.544.

УДК 621.3:614.8

Е. А. БОНДАРЕНКО канд. техн. наук, доц., докторант каф. ЭСС

В. М. КУТИН д-р техн. наук, профессор каф. ЭСС

Винницкий национальный технический университет

ОЦЕНКА РИСКА ЭЛЕКТРОТРАВМАТИЗМА МЕТОДОМ ПРОБИТ-АНАЛИЗА ДЛЯ МЕНЕДЖМЕНТА С ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

Предложен метод учета особенностей пары «фактор–последствия», в соответствии с которым построена функция риска электротравматизма, которая позволяет количественно оценить риск поражения человека электрической энергией в электроустановках, и дает возможность внедрить международные стандарты менеджмента профессионального здоровья и безопасности для минимизации риска электротравматизма на предприятиях топливно-энергетического комплекса Украины.

Ключевые слова: риск, электротравматизм, электроустановка, электрическая энергия, электробезопасность.

Надійшла 25.06.2015

Received 25.06.2015

О.Г. БУРДО, д-р техн. наук, проф., **С.Г. ТЕРЗИЕВ**, канд. техн. наук, **Ю.О. ЛЕВТРИНСКАЯ**, асп.
Одесская национальная академия пищевых технологий

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОНОМИКИ УКРАИНЫ

Проведен анализ энергетической ситуации в мире, в странах постсоветского пространства, в Украине. Показан парадоксальный характер энергетических проблем. Обсуждаются вопросы зависимости уровня комфорта и экологии от потребления энергетических ресурсов. Показана связь качества жизни человека с уровнем потребления энергии. Дан анализ распределения энергетических ресурсов в мире. Прогнозируется возможный пересмотр рынка энергоресурсов. Сравниваются модели энергетической политики и стратегии государства. Подчеркивается высокая рентабельность централизованного управления энергообеспечением на муниципальном уровне. Рассмотрены проблемы научного потенциала и развития энергетического менеджмента. Анализируются соответствия цен на энергоносители с уровнем тепловой защиты зданий, принципами инвестирования в энергетические проекты. Показана актуальность вопроса рыночного подхода к выбору источников энергии в условиях слияния энергобизнеса и власти. Обсуждаются проблемы соответствия энергетической политики Украины с обязательствами по газовому договору с Россией. Рассматривается роль энергии в технологической цепочке агропромышленного комплекса.

Ключевые слова: энергетическая эффективность, энергия, энергетический менеджмент, энергобизнес, энергодефицит